

2628858

Attorney Reference 57732US005

- (11) Patent Number: 2628858
- (12) PATENT [KOKOKU] PUBLICATION (B2)
- (19) JAPANESE PAENT OFFICE (JP)
- (21) Patent Application Number: Sho 61[1986]-277789
- (22) Patent Application Date: Showa 61 (1986) November 20
- (24) Registration Date: Heisei 9 (1997) April 18
- (31) Priority Declaration Number: 819118
- (32) Priority Date: 1986, January 15
- (33) Country of Priority Declaration: United States of America (US)
- (45) Issue Date: Heisei 9 (1997) July 9
- | | | | |
|----------------------------|----------|------------------------------|-----------------|
| (51) Int. Cl. ⁶ | ID Codes | Sequence Nos. for Office Use | FI |
| G 02 B 6/00 | 301 | | G 02 B 6/00 301 |
- Number of Inventions: 1 (Total 8 pages [in Japanese original])
- (56) Cited Reference
Tokkai Sho 60 [1985]-70603 (JP, A)
Tokkai Sho 58 [1983]-214106 (JP, A)
- (72) Inventor
Sanford Cobb, Jr [transliteration]
3M Center, St. Paul, Minnesota USA (no lot number)
- (73) Assignee 999999999
Minnesota Mining and Manufacturing Company
3M Center, St. Paul, Minnesota, USA (no lot number)

(74) Agent
Akira ASAMURA (Includes two others.)

Trial Number: Hei 6 [1994]-18646

Consultation Body
Chief Examiner Takehiko KATAYORI
Examiner Yoshiyuki KAWAKAMI
Examiner Kimio YOSHINO

[Amendments: There are no amendments attached to this patent. Translator's note]

[Note: All names, addresses, company names, and brand names are translated in the most common manner. Japanese language does not have singular or plural words unless otherwise specified with numeral prefix or general form of plurality suffix. Please note that there are some character errors (typo) that are pointed out at each time as well as terminology difference on the same number, e.g. (10). Translator's note]

[Note: The title of the invention can be translated in two ways, optical induction tube or pipe, optical stimulation tube or pipe and the translator opted to use the term induction hereafter. Translator's note]

[TITLE OF THE INVENTION]

Optical induction [stimulation] Tube [Hikari Yudokan]

(57) [CLAIMS]

[CLAIM ITEM 1]

A hollow tubular-form optical induction tube that transmits or distributes, or transmits and distributes lights wherein said optical induction tube includes a wall member that is made of a transparent material, and one side of said wall member is a structural plane, and other side that faces against said structural plane is a smooth plane; and said structural plane has arrangement of adjacently lined prisms substantially showing a right-angled isosceles triangular shape; and said prisms extend along the major axis of said induction tube at outside of said induction tube, and as a result, when prescribed portions of the lights that enter said optical induction tube within a range of allowed angle proceed along the lengthwise direction of the optical induction tube, they are contained within said optical induction tube by total inwardly reflection, and at the least one part of cross section of said wall member (11) form a smooth bow-shaped curve, and perpendicular side (20) of said prism that faces said curve forms about 45° angle with a tangential line of said curve.

[CLAIM ITEM 2]

The optical induction tube being a device described in the claim item (1), wherein a cross section of said wall member is substantially of a circle shape.

[CLAIM ITEM 3]

The optical induction tube being a device described in the claim item (1), wherein cross section of said wall member is substantially of an elliptical shape.

[CLAIM ITEM 4]

According to the optical induction tube described in the claim item (1), the optical induction tube is characterized by the fact that said optical induction tube is contained in a container having an inner plane and an outer plane, and an optical window is arranged on said container to allow lights to exit from said optical induction tube through said optical window, and a light source is made to accompany with said optical induction tube to supply lights to the optical induction tube to allow the lights that enter said optical induction tube to exit from said optical induction tube in a manner of exiting from an illumination instrument through said optical window.

[CLAIM ITEM 5]

The optical induction tube described in the claim items (1) or (4), wherein total thickness of a transparent polymer material that forms said wall member is 0.38 mm, and said prisms is arranged by quantity of 50 pieces or 70 pieces per 2.54 cm of said wall in the direction that cuts across said prism.

[CLAIM ITEM 6]

The optical induction tube described in the claim item (4), wherein said light source includes a strobe light that emits very bright lights in short time in a pulse form through electrical discharge in a gas.

[DETAILED EXPLANATION OF THE INVENTION]

(FIELDS OF INDUSTRIAL APPLICATION)

This invention relates to an optical induction tube that transmits or distributes lights; and in particular, it relates to the hollow tubular-form optical induction tube that includes a transparent material having a structural plane at one side and a smooth plane at the other side. Characteristic of this optical induction tube is to inwardly reflect total lights through combination of these both planes.

(PRIOR ART)

Transmission of lights by using optical pipe or optical guide such as semi-solid or solid optical fiber disclosed in the USA patents 4,466,697, the same 4,422,719, and the same 3,641,332 has been known. Some device of this type has a reflective sleeve surrounding an optical transmission fiber. For instance, a reflective layer is formed at inner plane of the sleeve. That is to say, a layer that shows smaller refractive index than that of a core is inserted between a sleeve and core. However, this type of device presents a problem of not so easy transmission of sufficient lights for purpose of illumination to which a large dimension is required. In addition, when this type of device is used, it becomes bulky or requires a large quantity of material to likely result in increase of weight as well as cost.

In addition, as started [note: although the original document states the term started, it may be a misprint of disclosure, translator's note] in the USA patents 4,453,803, the same 3,973,828, the same 3,583,786, the same 3,506,331, the same 3,436,141, and the same 3,386,043, optical waveguide tube is used to guide electromagnetic wave energy. This type of device includes a sleeve part, in other words, a hollow optical fiber. This type of device also involves problems of assembly of device as well as cost similarly to those of above-explained optical pipe or optical guide. In addition, this type of device is designed to send the information for purpose of telecommunication basically; and it is used in a single electromagnetic mode in order to broaden the band of information. And therefore, it requires very special light source and optical system in order to accurately enter pseudo [quasi]-monochromatic lights for purpose of transmission.

Furthermore, as disclosed in the USA patent 4,260,220, optical guide that is made of a transparent material having octagonal shape with a substantially flat inner plane and an outer plane is used to send lights. This device shows the closest connection with this invention. This device has a structural plane on one side, and the other side that faces structural plane includes a hard polymer sheet that is of a transparent material having a smooth sliding plane, and by doing so, lights that enter optical guide at the angle smaller than predetermined maximum angle are all inwardly reflected. However, critical problems or limitations were encountered by using this device. That is to say, the beam angle range that can be allowed by this device remains fairly small. Furthermore, it requires to sustain the flatness of both sides in a stringent manner in order to send lights with good efficiency; and economical limitation on the material cost and labor cost that accompany assembly to form this hard optical guide or to make each flat plane in octagonal shape are noted.

The technology described above does not disclose optical induction tube being a hollow tubular form optical induction tube including a wall of transparent material, and one side of said wall is a structural plane while the other side that faces against the structural plane is a smooth plane, and by structuring at the least one part of the cross section to depict a smooth bow-shaped curve, total inwardly reflection is initiated, and part of predetermined lights that enter at within a range of allowed angle are transmitted and/or distributed while being subjected to a total inwardly reflection. In addition, no disclosure is made regarding possible application of this optical induction tube as an illumination instrument that transmits and distributes solar lights showing wide non-coherent band, or artificial lights for various purposes as it is possible to carry out a total internal reflection of the lights that enter within a range of allowed angle. In addition, no disclosure is made on the optical induction tube that is capable of obtaining various cross sectional shapes in which part of its wall becomes a bow-shaped curve while maintaining a total internal reflection.

(ABSTRACT OF THIS INVENTION)

The optical induction tube that is offered by this invention includes a wall [formed] of a transparent material; and it is the optical induction tube that transmits and/or distributes lights through a total inwardly reflection; and one side of said wall is a structural plane while the other side that faces against structural plane is a smooth plane; and at the least one part of the wall shows a cross section that depicts a smooth bow-shaped curve. On the structural plane, linear array of prisms showing substantially isosceles triangular shape are lined. Both perpendicular sides of each prism form about 45° with a tangential line of adjacent smooth plane that faces against structural plane. Although it is stated that one part of the wall depicting a smooth bow-shaped curve, the lights that enter the optical induction tube at within a range of allowed angle do proceed in the lengthwise direction of the optical induction tube while subjected to the total inwardly reflection. Furthermore, under the specific conditions, transmission capability of the optical induction tube is further enhanced when the cross sectional shape happens to be close to either a circle or an ellipse.

As it is possible to maintain reflective property based on the condition of one part of the wall depicting a bow-shaped curve only, it is possible to prepare such optical induction tube having, various cross sectional shapes such as for instance, circle or ellipse. And therefore, as no optical restrictions on wall structure or its direction are placed, substantial cost reduction can be achieved, and quantity of lights possible of transmission and distribution also increases. In addition, the prisms of right-angled isosceles triangular shape may be arranged in parallel to the axis of optical induction tube or at almost optical angles. However, if the lights enter optical induction tube in the correct direction, these lights are transmitted in a lengthwise direction of the optical induction tube while they are subjected to a total inwardly reflection.

The beneficial point of the optical induction tube of this invention is that the ones showing various cross sectional shapes can be obtained; and by operating in such way so one part of the lights to pass through the wall without total internal reflection, it can be used as an illumination instrument or optical system that carries out transmission/distribution. That is to say, this optical induction tube can be easily fitted in existing illumination instrument without needs of special equipment or redesigning of instrument.

The illumination instrument by this invention is generally of such form of optical induction tube being contained within a non-transparent [opaque] container; and an optical window placed to open at the least on one side of such container, and this can be used as an illumination or as a secondary light source by allowing the lights to exit from there. Through arrangement of a diffusion device on the optical window, it is possible to, for instance, scatter the lights in a better balanced form, or making them soft or to spread. The light source can include solar light or artificial lights.

(EXAMPLES)

The hollow tubular optical induction tube (10) of this invention that is illustrated in the Figure 1 is used to transmit and/or distribute lights of predetermined portion within the optical induction tube. The wall (11) of this optical induction tube is made of a transparent material; and the other plane (12) is structured to show concave/convex, and other plane (14) that faces against this plane (12) is made as smooth, and at the least one part of cross section of the wall forms a smooth bow-shaped curve. When incidental lights emitted from the light source (15) reach either plane (12) or (14) at within a range of allowed angle, they are inwardly and totally reflected at the other plane as illustrated in the Figure 2 or Figure 3. When lights that are bent at the first plane strike [reach] second plane at the angle that is larger than the critical angle based on normal line, these lights are inwardly and totally reflected. This critical angle can be defined with the inverse sine of the ratio of bending rate [flexing] of the surrounding material (typically air) and refractive index of the wall material. In addition, as illustrated in the Figure 2 and Figure 3, regarding the incidental lights that reach the plane of either (14) or (12) at outside of the range of allowed angle, fairly large portions are transmitted while remaining is reflected. In both cases, the lights that are absorbed by the wall material are negligible.

As illustrated in the Figure 2 and Figure 3, structural plane (12) show an arrangement of linear array of the prisms (16) showing almost right-angled isosceles triangular shape in adjacent and parallel manner; and plural numbers of grooves (18) are formed to extend toward longitudinal direction of the optical induction tube (10). The both perpendicular sides (20) are flat, and form about 45° angle against tangential line of adjacent smooth plane (14). Although it is important that the shape of prisms and direction remain precise in the case of optical transmission, when it is used as either illumination or secondary light source, they are not regarded as important.

Although there are various materials that can be used for the wall of optical induction tube (10), softness is required in almost all cases. In addition, it is essential that such material being transparent, and preferably homogeneous and isotropic; and for instance, polymer materials or glass are appropriate. The polymer materials that fit to this purpose include, for instance, acryl with 1.49 refractive index and polycarbonate with 1.58 refractive index; and they are commercially available. Besides these, polymers such as polypropylene, polyurethane, polystyrene, or polyvinyl chloride and the like are also good. As long as it meets the necessary functions, selection of which material is to be used is not so important to this invention. Manufacturers of this product will generally make selection of the material that can be most easily available based on price, application, and manufacturing process. However, acryl and polycarbonate are particularly interesting materials as they show a high refractive index and excellent physical characteristics, for instance, durable against wind and rain, not affected by UV rays, dimension does not go off, or strong against temperature changes and the like.

There are several methods to mass produce the wall (11) of this invention's optical induction tube (10). Although these are already known by the person skilled in this art, it is recommended to reference the disclosures made in, for instance, USA patents 3,689,346, the same 4,244,683, the same 4,576,850, British patent GB2,127,344A. How to carry out the manufacturing processes is not substantial to this invention. However, it is preferable when the wall is formed of a film that is thin and soft. In the case of such film, it can be rolled up to be placed in a tube and seam can be bonded, or in some cases, it may be all right when end parts are simply overlapped only. In addition, optical induction tube (10) may be formed through extrusion or molding to give either a soft or hard single structure. According to this specification, further explanation is given by assuming that a thin and soft film is rolled up in the optical induction tube (10).

The thickness of the wall of the optical induction tube is not particularly substantial to this invention. However, when considering forming a structure of tube with various cross-sectional shapes, for instance, a circular shape or ellipse as illustrated in the Figure 1 and Figure 4, by using either rolled up film or single structure guiding tube, application of the optical induction tube depends on the wall thickness. For instance, the acryl film with 0.38 mm thickness having about 70 pieces of prisms per 2.54 cm shows sufficient softness, and it can be rolled up and placed in a cylindrical shaped optical induction tube with minimum diameter of about 7.62 cm. In addition, this type of film would show a level of hardness to easily maintain its shape without a misshape when it is rolled up and is placed in a optical induction tube (10) of cylindrical shape showing about 45.72 cm diameter [note: original document does state 45.72 cm diameter, translator's note]; and therefore, optical induction tube (10) show various applications, and there is no need for the plane with optical functions to be strictly in a octagonal shape as it has been required conventionally.

Regarding specific cross-sectional shape, in particular, circle and ellipse were found to improve optical performance as it is possible to widen the allowed angle of transmittable beams. As illustrated in the Figure 5, conventional optical guide (30) has a flat wall (31); and outer side is set to be the structural plane (32), and cross sectional plane shows a rectangular shape; however, angle range of transmittable beams remains narrow. Compared to this, this invention's KODOKAN [transliteration] (10) [note: the characters that show this term is optical the same sensation, and may be a misprint of optical induction tube, translator's note] of which at the least one part of the wall (11) is curved in a bow shape smoothly to accept wider angle range of beams. As illustrated in the Figure 6, the optical induction tube (10) of circular shape cross section having prisms (16) at outer side was found to show particularly optimum performance. However, the ones with various cross-sectional shapes may be utilized depending on the applications. In addition, structural plane (12) may be located inside as long as at the least one part of the wall (11) is curved smoothly in a bow shape. Explanation is given hereafter based on the optical induction tube illustrated in the Figure 6.

It is necessary to define angle (T) and (G) as illustrated in the Figure 7 and Figure 8 in order to clarify this point. The angle (T) is the angle that is formed by the prescribed beam (A) and axis (Z) of the optical induction tube (10); and it is assumed that the axis (Z) is parallel to this direction of prisms at this time. As illustrated in the Figure 8, when angle (G) is viewed with a cross section, it is the angle that is formed by prescribed beam (A) and normal line (N) of the wall (11) of the optical induction tube. There is a maximum allowed angle (G_{\max}) of (G) to transmit lights against prescribed angle (T) ; and when it exceeds this angle, beams would escape from the optical induction tube. On a contrary, there is a maximum allowed angle T_{\max} of (T) against incidental beam (A) based on the prescribed angle (G). However, when angle (T) happens to be smaller than T_{\max} (it is 27.3° in the case of wall material with refractive index of 1.493), all values can be allowed as angle (G).

In the case of conventional rectangular shaped optical guide (30) that is illustrated in the Figure 5, allowed angle range (it is defined with the maximum value of angle (T), that is to say, T_{\max}) is limited to 27.3° . As any beams reflect so many times between flat and smooth planes (34) of the optical guide (30) and [beams] reach smooth plane (34) that is adjacent to these, allowed angle range of beams is limited. In this case, angle (G) reaches closes to 90° . This is shown with presence of point of light source (15') at the center of optical guide (30) in the Figure 5. Although beam (G) strikes smooth plane (34) of the wall (31) at angle (G1) first, after so many times of reflection, it strikes adjacent smooth plane (34) at angle (G2). The angle (G2) is equal to $(90-G1)$. And therefore, as (G1) approaches zero, (G2) approaches close to 90° .

However, as illustrated in the Figure 6, according to this invention's optical induction tube (10) showing a circular shape cross section, because optical induction is geometrically symmetrical, angle (G) should not increase. And therefore, according to a circular shaped optical induction tube (10), when its light source point is located at the center of circle, in other words, at the point of $R1=0$, the allowed angle range becomes 90° . The beam (D) that strikes smooth plane (14) at angle (G) first always strikes smooth plane (14) at the same angle (G) and shows no increase/decrease of angle. Figure 6 illustrates the case when the light source point (15') happens to be at the point that is off from the center of circular shaped optical induction tube (10).

The lights that are not reflected on the smooth plane (14) pass through an interface of curved plane and after they are totally and inwardly reflected at prism lane (20), they pass through the same curved plane and return to inside of hollow optical induction tube (10). The true effect of passing through the curved plane two times lies on the fact that beams are radiated as in the manner that beams have passed through negative lens. Because size of the prism (16) is smaller when compared to the curvature radius (R), approximation of paraxial lens may be applied. In addition, because wall (11) is thinner compared to curvature radius, thin lens approximation may be applied.

Maximum radiation (changes in angle (G)) can be sought in the manner explained below.

$$G2 - G1 = y/F$$

At this time, G1 and G2 show projected beam angle (G) before and after each refraction regarding symmetrical axis (bisector of radius).

y shows height of beam (distance between incidental point of beam and symmetrical axis).

F shows focal distance of the lens. It is $F = 2(n' - 1)/R$; and at this time, R shows curvature radius, and n' shows above-explained effective index [refractive index].

And therefore, angle change ($G_2 - G_1$) can be either positive or negative; and it shows the size y/F . When approximate values are applied to y and F , and appropriate value (20°) is estimated as angle (T), maximum value of ($G_2 - G_1$) is known to be about 1.3° . When conclusion is stated, angle (G) of the beam reflected by total inwardly reflection (TIR) can show increase/decrease within a range of 1.3° . However, in the case of average beams, rate changes should be far less. True effect of this changes in refractive index is to widen the beams gradually in the direction of sideways.

Because angle (G) in the case of circular shaped optical induction fitting into [note: although the original document states fitting into, it may be a misprint of character that indicates tube, translator's note] is determined and fixed by the light source, maximum allowed angle T_{\max} of the (T) is also determined by the light source. The relation between the position of light source and maximum allowed angle T_{\max} of the (T) is determined with an equation shown below. R1 in reference with the Figure 6 shows distance between the light source (15') and a center of the optical guide tube (10) [note: original patent shows two ways to indicate (10), one as optical induction tube and the other as optical guide tube, translator's note] having curvature radius (R2); and n shows refractive index of the wall material, and n' shows effective index [refractive index]. Relation of R_1/R_2 (that is to say $\sin G$) is shown with a graph of the Figure 9. At this time, region with diagonal lines show allowed angle.

$$G_{\max} = \sin^{-1} \left(\frac{R_1}{R_2} \right)$$

T_{\max} is sought from n' and G_{\max} .

$$G_{\max} = \sin^{-1} \left\{ n' \sin \left[45^\circ - \sin^{-1} \left(\frac{1}{n} \right) \right] \right\}$$

$$n' = n \left[\frac{1 - \frac{\cos^2(T_{\max})}{n^2}}{1 - \cos^2(T_{\max})} \right]^{\frac{1}{2}}$$

At this time, when it is $R_1=R_2$ (that is to say, when beam (15') is on a smooth plane (14) of the optical guide tube (10)), G_{\max} becomes 90° , and T_{\max} becomes the same when a rectangular optical guide (30) is used (when it is $n = 1.493$, it is 27.3°). However, it is more often the case that the light source (15') is inside of the optical guide tube (10); and in this case, the maximum allowed angle T_{\max} of the (T) shows increase clearly as shown in the graph of the Figure 9. The graph of the Figure 9 shows the relationship of R_1/R_2 (that is to say, $\sin G$) and maximum allowed value [note: original patent described (T) in two ways, maximum allowed angle and maximum allowed value, translator's note] of the angle (T). This indicates that the lights generated from the light source are transmitted with further less loss; and also indicates that it is possible to design the optical guide tube more simply and effectively.

In addition, as illustrated in the Figure 10, it is possible to form optical induction tube (100) by rolling up a film against wall (101) having at the least one opening (106), or by molding a single guide tube to place this inside. It is all right to provide a reflective plane (104) to the opening (106) so the lights that enter optical induction tube (100) and are reflected at reflective plane (104) would return to inside of the optical induction tube (100) again.

APPLICATIONS AND USE

Several examples of various applications and use of this invention's optical induction tube (10) are introduced. The most promising and revolutionary use of the optical induction tube (10) lies on the point of possible integration in accordance with various cross sectional shapes while keeping a total inwardly reflection. And therefore, the lights that are correctly guided into the optical induction tube (10) proceed along longitudinal direction of the optical induction tube to be transmitted or distributed. According to this invention, it is best when structural plane (12) of the optical guide tube (10) is formed at a convex plane side of the outer side. In some cases, forming of this at the concave plane side of the inside may be also considered as possible. For instance, when optimum light transmission is required, it refers to the optical induction tube (10) having a circular shape cross section and prisms at convex side of the outer side in a parallel manner to the axis of optical induction tube, and the smooth plane (14) may be gloss finished as well. In addition, as illustrated in the Figure 4, elliptical shaped cross section may be used to prepare in the same manner while placing a small light source at either focal points F_1 or F_2 . Furthermore, in a case of special application, when direction of the lights generated from the light source is accurate, arrangement of linear array of prisms (16) may be done at almost any optional angle against the axis of optical induction tube. In addition, regarding the specific environment having arrangement of prisms at concave part side of the inside, it is all right to arrange prisms in crossed [orthogonal] manner.

In order to use optical guide tube (10) for purpose of transmission and distribution of lights, performance of optical induction tube may be manipulated. That would include addition of diffusive particles or reflective particles, mixing of non-optical smooth prism plane or defect such as non-optical sharp angle, or to provide concave/convex on the smooth plane (14); and these may be used either alone or as combinations. As illustrated in the Figure 11, optical induction tube (10) may be used as an illumination instrument or as an illumination or secondary light source within an illumination instrument (40). According to the Figure 11, thus manipulated optical guide tube (10) is kept within a container (41) having inner plane (42). This container (41) is formed by molding, curving or extrusion of appropriate material such as aluminium; and it is all right to apply a mirror-surface cover or diffusion reflective cover to the inner plane (42) in order to enhance the efficiency. It is also possible to include plural numbers of reflective elements (not illustrated in the Figure) on the inner plane (42) to direct the lights that strike those elements in the prescribed direction for purpose of transmission or illumination.

As illustrated in the Figures 12,13 and 14, it is all right to enter the lights to an illumination instrument and to have them exit from at the least one optical window (44) such as an opening on the container in order to use this for illumination or as a secondary light source. In addition, as illustrated in the Figure 12, it is possible to redistribute, in other words, to scatter the lights in the prescribed shape through arrangement of diffusion device (46) within the window (44). Furthermore, as illustrated in the Figure 13, it is also possible to subject [utilize] this for advertisement, display, signal, or warning through arrangement of letters or codes in the window (44).

As illustrated in the Figure 14, when using this for an illumination instrument as a warning light for ambulance or obstacles, it is preferable when a light source that generates very bright optical pipe for a short time such as strobe light that emits light through electrical discharging in gas is arranged at one end of the optical guide tube (10). It is all right to use incandescent light or other light sources as well. Distribution of lights that pass through and exit optical window (44) should be averaged through arrangement of reflector (70) at the other end to reflect lights to return them to inside of optical guide tube (10). Furthermore, it is also possible to prevent from over heating at the portion nearby specific light source by covering part of optical guide tube of light source side with an opaque reflector (72).

In order to ease an assembly or exchange within an illumination instrument (40), optical induction tube (10) may be formed having ends of thin and soft film (49) piled as illustrated in the Figure 12, or in a form of piled two sheets of films (50), (52) as illustrated in the Figure 13. In this case, the forces that work by container (41) and curling of the film aid each other to seal in the film in a hollow tubular-shaped optical induction tube (10) to enable to maintain at good angle among possible allowed angles. By doing so, it is possible to use illumination instrument that is longer compared to cross section and optical induction tube.

Suitable light source (15) may include artificial light sources as well. For instance, refer to the USA patents of reissued 28,100, patent numbers of 3,417,388, the same 3,369,149, the same 3,312,853, the same 3,263,126, the same 3,127,113, the same 1,837,091, and the same 247,229. In addition, as the ones that utilize solar energy, refer to the USA patents, for instance, 4,389,085, the same 4,297,000, the same 3,511,559, the same 2,022,144, and the same 729,660.

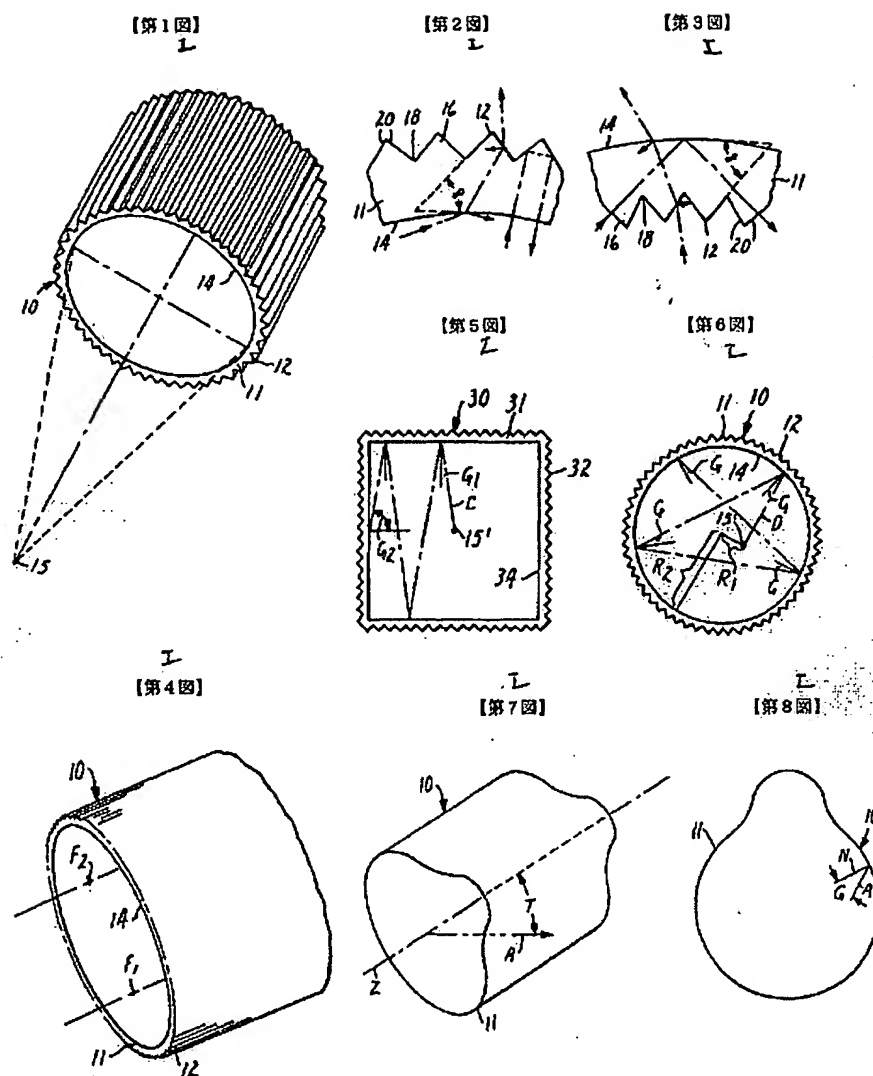
In order to ease mutual coupling [engagement], longitudinal direction of the optical induction tube (10) is made as a telescopic type as in the case of telescope as illustrated in the Figure 15. That is to say, by varying the diameter size, one [part] can be inserted to the other to work as one part of the optical system, or to transmit and illuminate lights for other purposes. In addition, as illustrated in the Figure 16, sections of the optical induction tube (10) are matched, and is covered with a sleeve (60) that is made of the same material.

Preferred examples and several application examples of this invention are explained to allow person skilled in this art to implement this invention; and these are merely examples and should not limit the scope of this invention. Scope of this invention is described in the claims.

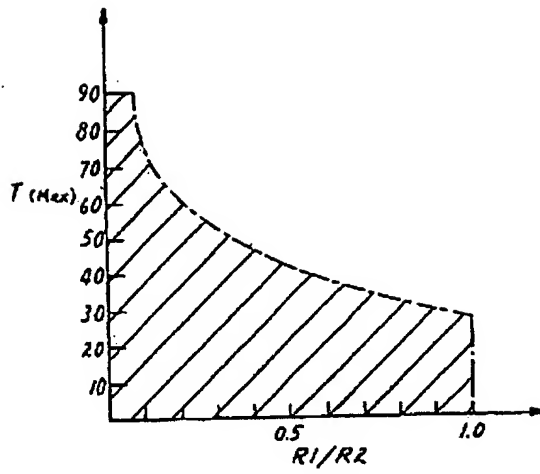
[BRIEF DESCRIPTION OF THE FIGURES]

Figure 1 illustrates a diagonal view of this invention's optical induction tube. Figure 2 illustrates a view seen from end plane of one part of optical induction tube illustrated in the Figure 1. Figure 3 illustrates a view seen from end plane of one part of the optical induction tube similarly to that of the Figure 2, and it shows an optical guide tube of which flat and smooth plane is located at outer side. Figure 4 illustrates a diagonal view of optical induction tube with ellipse cross section. Figure 5 illustrates a view seen from an end plane of optical guide of prior art; and front plane shows the state of reflecting beam. Figure 6 illustrates a view seen from an end plane of optical induction tube illustrated in the Figure 1, and front plane shows the state of reflecting beam. Figure 7 illustrates a diagonal view of optical induction tube, and it shows beam geometry. Figure 8 illustrates a view seen from an end plane of optical induction tube illustrated in the Figure 7. Figure 9 is a graph that shows mathematical relationship between angles of beam. Figure 10 illustrates a view seen from an end plane of optical induction tube that includes reflective plane. Figure 11 illustrates a diagonal view of illumination instrument that uses this invention's optical induction tube. Figure 12 illustrates a diagonal view of other example of illumination instrument. Figure 13 illustrates a diagonal view of another example of illumination instrument. Figure 14 illustrates a diagonal view of one other example of illumination instrument. Figure 15 illustrates a diagonal view that shows telescopic type of connecting two optical induction tubes of this invention as in the case of a telescope. Figure 16 illustrates a diagonal view that uses a sleeve to connect two optical induction tubes of this invention.

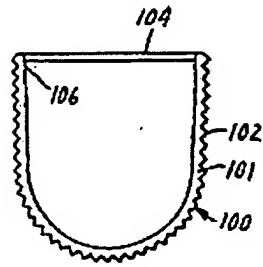
Figures 1 through 16
[I: Figure]



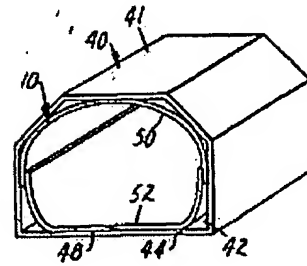
【第9圖】
L



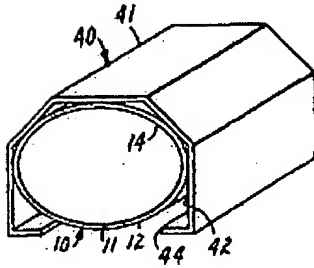
【第10圖】
L



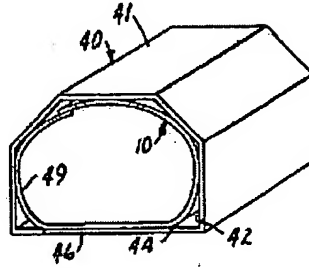
【第13圖】
L



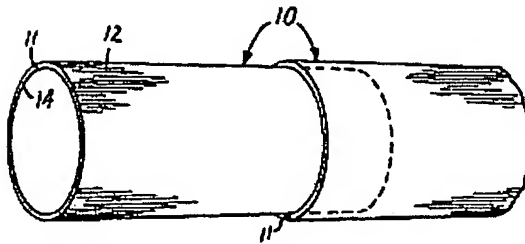
【第11圖】
L



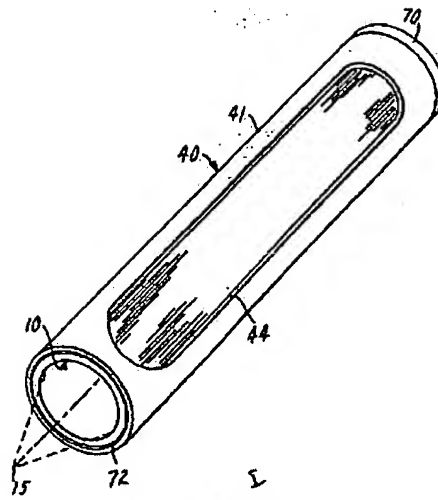
【第12圖】
L



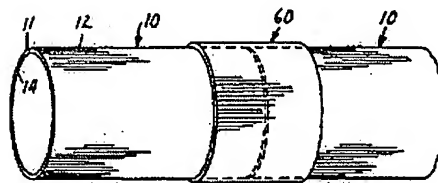
【第15圖】
L



【第14図】



【第16図】



Translation by: Mie N. Arntson, 512-331-7167

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

第2628858号

(45) 発行日 平成9年(1997)7月9日

(24) 登録日 平成9年(1997)4月18日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B 6/00	3 0 1		G 0 2 B 6/00	3 0 1

発明の数1(全 8 頁)

(21) 出願番号	特願昭61-277789	(73) 特許権者	999999999 ミネソタ マイニング アンド マニュ ファクチャリング コンパニー アメリカ合衆国ミネソタ州セント ポー ル, 3エム センター (番地なし)
(22) 出願日	昭和61年(1986)11月20日	(72) 発明者	サンフオード コブ, ジュニア アメリカ合衆国ミネソタ州セント ポー ル, 3エム センター (番地なし)
(65) 公開番号	特開昭62-165603	(74) 代理人	浅村 皓 (外2名)
(43) 公開日	昭和62年(1987)7月22日	合議体	
(31) 優先権主張番号	8 1 9 1 1 8	審判長	片寄 武彦
(32) 優先日	1986年1月15日	審判官	川上 義行
(33) 優先権主張国	米国 (U S)	審判官	吉野 公夫
審判番号	平6-18646	(56) 参考文献	特開 昭60-70603 (J P, A) 特開 昭58-214106 (J P, A)

(54) 【発明の名称】 光誘導管

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光を伝送または分配するか、または伝送して分配する中空管状の光誘導管であって、該光誘導管は透明材料でつくられた壁部材を含み、該壁部材の一方の側は構造面であり該構造面と向かいあう他方の側は滑らかな面になっており、該構造面は実質的に直角二等辺三角形の形をしたプリズムが隣り合って並んだ配列を有しており、該プリズムは該誘導管の外側で該誘導管の長軸に沿って延びており、その結果、許容角度範囲内で該光誘導管に入射した光の所定部分が光誘導管の長さ方向に沿って進むときに全内部反射によって該光誘導管内に含まれ、該壁部材 (11) の断面の少なくとも一部が滑らかな弓状曲線をなしていることと、該曲線と向かいあう該プリズムの垂直辺 (20) が該曲線の接線と約45° の角度をなしていることとを特徴とする、光誘導管。

【請求項2】 特許請求の範囲第 (1) 項記載の装置において、前記壁部材の断面は実質的に円であることを特徴とする光誘導管。

【請求項3】 特許請求の範囲第 (1) 項記載の装置において、前記壁部材の断面は実質的に楕円であることを特徴とする光誘導管。

【請求項4】 特許請求の範囲第 (1) 項記載の光誘導管において、該光誘導管は内面と外面とを有する容器の中に収容されていて、
光学的窓が該容器に設けられていて、該光学的窓を通して前記光誘導管から光が出ていくことができるようになっていて、
前記光誘導管に入射した光が該光誘導管から出て行くことにより該光学的窓を通して照明器具から出ていくように光誘導管に光を供給するための光源が前記光誘導管に

付随していることと、
を特徴とする、光誘導管。

【請求項5】特許請求の範囲第（1）項または第（4）項記載の光誘導管において、前記壁部材をつくっている透明な重合体材料の全厚さは0.38mmであることと、前記プリズムは前記プリズムを横切る方向に前記壁の2.54cmあたり50個ないし70個設けられることとを特徴とする、光誘導管。

【請求項6】特許請求の範囲第（4）項記載の光誘導管において、前記光源は気体中で電気放電することにより非常に明かるい光を短時間のパルスで発するストロボ光を含むことを特徴とする、光誘導管。

【発明の詳細な説明】

（産業上の利用分野）

本発明は光を伝送かつまたは分配する光誘導管に関するものであり、特に一方の側に構造面を有し、構造面と向きあっている他方の側には滑らかな面を有する透明材料を含む中空管状の光誘導管に関するものである。この光誘導管の特徴はこれら両面の組合わせにより光を全内部反射させることである。

（従来の技術）

米国特許第4,466,697号、第4,422,719号、第3,641,332号に開示されているような半固体又は固体のオプティカルファイバーのような光パイプまたは光ガイドを用いて光を伝送することは知られている。この種の装置のあるものは光伝送ファイバの周囲に反射性スリーブを有している。例えば、スリーブの内面には反射層が形成されている。すなわちコアよりも屈折率の小さい材料の層がスリーブとコアの間に挿入されている。しかし、この種の装置は寸法の大きいことが要求される照明用には十分に光を伝達することが容易でないという問題がある。またこの種の装置を使うとかさばったり大量の材料を要するので、重量とコストがかさむことになる。

また、米国特許第4,453,803号、第3,973,828号、第3,583,786号、第3,506,331号、第3,436,141号、第3,386,043号に開始されているように、電磁波エネルギーを導くのに光導波管が用いられている。この種の装置はスリーブ部すなわち中空のオプティカルファイバーを含んでいる。上述の光パイプまたは光ガイドと同様に、この種の装置も装置の組立とコストに関する問題をかかえている。また、この種の装置は基本的に通信の目的で情報を送るために設計されており、情報の帯域を広くするために単一電磁モードで使用される。そのために伝送のために準単色光を装置に正確に入射するための非常に特殊な光源と光学系とを必要としている。

更に、米国特許第4,260,220号に開示されているように、八角形である実質的に平らな内面と外面とを有する透明材料からつくられた光ガイドが光を送るのに使われている。この装置は本発明と最も関連が深い。この装置は一方の側に構造面を有し、構造面と向きあっている他

方の側に滑らかな滑面を有する透明材料の硬い重合体シートを含むことにより、あらかじめ決められた最大角度より小さい角度で光ガイドに入射した光は全内部反射される。しかし、この装置を使うことにより重要な問題または制限に遭遇した。すなわち、この装置の許容可能な光線角度範囲が比較的小さいということである。更に、効率よく光を送るために両側の平坦さを厳しく維持することが要求され、この硬い光ガイドをつくるために組立てまたは夫々の平面を八角形にすることにまつわる材料のコストと労働コストには経済的に限界がある。

以上述べた技術には、透明材料の壁を含む中空管状の光誘導管であつて、壁の一方の側は構造面になつていて、構造面と向かいあっている他方の側は滑らかな面になつていて、少なくとも一部の断面は滑らかな弓状曲線を描いているように構成することにより、全内部反射を起こすようになり、許容角度範囲内で入射したあらかじめ定められた一部の光が全内部反射をしながら伝送かつまたは分配されるようになっていく光誘導管については開示されていない。また、許容角度範囲内で入射した光を全内部反射することができるが故に、この光誘導管が非コヒーレントな帯域の広い太陽光や種類の目的のための人工光を伝送、分配するための照明器具や照明システムに用いられることも開示されていない。また、全内部反射を保ちながら、壁の一部が滑らかな弓状曲線となる種々の断面形状を得ることができる光誘導管についても開示されていない。

（発明の要約）

本発明により提供される光誘導管は透明材料の壁を含み、全内部反射により光を伝送かつまた分配する光誘導管であつて、壁の一方の側は構造面になつていて、構造面と向かいあっている他方の側は滑らかな面になつていて、少なくとも壁の一部の断面は滑らかな弓状曲線を描いている。構造面には実質的に二等辺三角形の形をしたプリズムの直線状アレイが並んでいる。各プリズムの垂直両辺は構造面と向かいあっている隣接滑らかな面の接線と約45°の角度をなしている。壁の一部は滑らかな弓状曲線を描いているとはいつても、許容角度範囲内で光誘導管に入射した光は全内部反射しながら光誘導管の長さ方向に進む。更に特定の条件下では、断面が円または楕円に近いときには光誘導管の伝送能力は高まる。

壁の一部が弓形曲線を描いているという条件だけで反射性を維持することができるので、例えば円とか楕円とか種々の断面形状を持つ光誘導管をつくることができる。したがって、壁の構造や向きに関する光学的制限がないので実質的にコストが下がり、伝送、分配可能な光の量も多くなる。また、直角二等辺三角形のプリズムは光誘導管の軸と平行に、あるいは殆んど任意の角度に配置してもよい。しかし、もし光が正しい向きで光誘導管に入射していれば、光は全内部反射しながら光誘導管の長さ方向に伝送されていく。

本発明の光誘導管の利点は種々の断面形状のものが得られるということであり、光の一部が全内部反射せずに光導管の壁を通って出ていくことができるよう操作することにより、照明器具や光の伝送分配を行う光システムに使用できることである。すなわち、本光誘導管は特殊な設備や器具の再設計の必要なく現存する照明器具の中に容易にはめ込むことができるのである。

本発明による照明器具は、一般的に不透明な容器が光誘導管を収容した形をしており、容器の少なくとも一方の側には光学的窓があいていて、そこから光が出ていくことにより照明または二次光源として使用することができる。拡散器を光学的窓に設けることにより、例えば光をもつと平均的に散乱させたり、和らげたり、広げたりしてもよい。光源には太陽光や人工光を含むことができる。

(実施例)

第1図に示されている本発明の中空管状の光誘導管10は、光誘導管内のあらかじめ定められた部分の光を伝送かつ又は分配するのに用いられる。この光誘導管の壁11は透明な材料でつくられており、一方の面12は凹凸のある構造をしており、この面12と向きあっている他方の面14は滑らかな面になっていて、壁の断面の少なくとも一部は滑らかな弓形曲線をなしている。光源15から発した入射光は面12又は14のいずれかに許容角度範囲内で当たると、第2図又は第3図に示すように他方の面で内部全反射する。第1の面で屈曲した光が法線に関して臨界角よりも大きいある角度で第2の面に当たると、光は内部全反射する。この臨界角は周囲材料（典型的に空気）の屈曲率と壁の材料の屈折率との比の逆正弦で定義される。また、第2図と第3図に示すように、許容角度範囲外で面12又は14に当たった入射光は、かなりの部分が透過し、残りは反射する。いずれの場合も、壁の材料に吸収される光は無視できる。

第2図と第3図に示すように、構造面12はほぼ直角二等辺三角形をしたプリズム16の直線アレイが隣接して平行に並んでおり、複数の溝18が光導管10の長手方向に伸びた形になっている。垂直両辺20は平坦で、隣接する滑らかな面14の接線に対してある角、約45°、をなしている。プリズムの形と方向が精密であることは光伝送の場合重要であるが、照明または二次光源として使用するときは重要ではない。

光誘導管10の壁に使用される材料は種々あるが、殆どの場合概して柔軟であることが要求される。また材料は透明であつた好ましくは均質かつ等方性であることが必須であり、例えば重合体材料又はガラスが適している。この目的に適う重合体材料は例えば屈折率1.49の亚克力と屈折率1.58のポリカーボネートで商業的に入手可能である。そのほかには、ポリプロピレン、ポリウレタン、ポリスチレン、塩化ポリビニル等の重合体も良い。必要な機能を果たす限り、どの材料を選ぶかは本発

明にとって重要なことではない。通常この製品の製造者は価格、応用、製造工程を考慮して最も商業的に入手しやすい材料を選ぶであろう。しかし亚克力とポリカーボネートは屈折率が高いことと、物理的特性がすぐれていること、例えば風雨に耐え得る、紫外線におかされない、寸法が狂わない、温度変化に強い等、のために特に興味深い材料である。

本発明の光誘導管10の壁11を大量生産するにはいくつかの方法がある。これらは当業者に周知であるが、例えば米国特許第3,689,346号、第4,244,683号、第4,576,850号、英国特許GB2,127,344Aに開示されているので参照されたい。製造工程をどうするかは本発明にとって本質的なことではない。それは経済性と有用性を考えて選択すれば良いことである。しかし壁は薄くて柔軟性のあるフィルムにするのが好ましい。このようなフィルムなら管の中に丸めて入れて、継ぎ目を接合することができるし、またある場合には単に端部を重ね合わせるだけでもよからう。また、光誘導管10を押し出し又は成形でつくり、柔軟なまたは硬い単一構造にしてもよい。本明細書では光導管10は薄い柔軟なフィルムを丸めることによりつくられているとして説明を続けていくことにする。

光誘導管の壁の厚さをいかにほどにするかは本発明にとって特別本質的なことではない。しかし、丸めたフィルム又は単一構造の導管により例えば第1図と第4図に示したような円形又は楕円形のような各種の断面形状の管の構造をつつということを考慮すれば、光誘導管の応用は壁の厚さに依存する。例えば、0.38mmの厚さで2.54cmあたり約70個のプリズムを有する亚克力フィルムは充分柔軟性を有しており、最低直径が約7.62cmの円筒形の光誘導管の中に丸めていれることができる。また、このようなフィルムは約45.72cmの直径を有する円筒形の光誘導管10の中に丸めて入れられたときに、その形を自身で容易に保つだけの硬さを持ち、型くずれしないであろう。このように反射性を保つことができるので、光誘導管10は各種の使い途があり、従来要求されていた光学的な機能を有する面は厳密に八角形に保つという点が不要になる。

特定の断面形状、特に円と楕円は伝送可能な光線の許容角度を広くすることができるので、光学的な性能を向上させることがわかった。第5図に示すような従来の光ガイド30は平坦な壁31を有しており、外側が構造面32となつていて、断面が矩形であるが、伝送可能な光線の角度範囲が狭い。これと比べて、本発明の光同感10は少なくとも壁11の一部は滑らかな弓形に曲がつており、より広い角度範囲の光線を受入れることができる。第6図に示すように、特に外側にプリズム16を有する円形断面の光導管10は最適な性能を有することがわかった。しかし、応用次第で各種の断面形状のものが利用可能である。また少なくとも壁11の一部が滑らかな弓形に曲がつている限りは、構造面12が内側にあつてもよい。以下第

6図に示した光誘導管に基づいて説明していく。

この点を明らかにするために、第7図と第8図に示すような角度 T と G とを定義する必要がある。第7図に示すように、角度 T は所定の光線 A と光誘導管10の軸 Z とのなす角度であり、軸 Z はこの場合にはプリズムの方向と平行であると想定している。角度 G は第8図に示すように断面で見たときに、所定の光線 A と光導管の壁11の法線 N とのなす角度である。所定の角度 T に対して光伝送のための G の最大許容角度 G_{\max} があり、この角度を超えると光線は光誘導管から逃げる。逆に、所定の角度 G に対して入射光線 A に対する T の最大許容角度 T_{\max} がある。しかし角度 T が T_{\max} （屈折率1.493の壁材料の場合27.3度）より小さいときには、角度 G はすべての値が許容される。

第5図に示すような矩形の従来の光ガイド30の場合には、許容角度範囲（角度 T の最大値、すなわち T_{\max} で定義される）は27.3度に制限される。どんな光線も光ガイド30の向き合っている平滑面34間を何回も反射して隣接する滑らかな面34に達するので、光線の許容角度範囲が制限される。この場合角度 G は90度に近づく。このことは第5図において光ガイド30の中心に光源点15'がある場合で示されている。光線 G は最初角度 G_1 で壁31の滑らかな面34に当たるが、何回か反射した後に隣接する滑らかな面34に角度 G_2 で当る。角度 G_2 は $(90 - G_1)$ 度に等しい。したがって G_1 がゼロに近づくにつれて G_2 は90度に近づく。

しかし第6図に示すように本発明の円形断面の光誘導管10では、光誘導管が幾何学的に対称であるから角度 G が増加することはない。したがって、円形光誘導管10は円の中心、すなわち $R_1 = 0$ の点に光源点がある場合、許容角度範囲は90度になる。最初にある角度 G で滑らかな面14に当たった光線 D は、常に同じ角度 G で滑らかな面14に当たり、角度の増減はない。第6図には光源点15'が円形光誘導管10の中心からずれた点にある場合を示している。

滑らかな面14で反射しなかつた光は曲面の界面を通過し、プリズム面20での全内部反射を経て同じ曲面を通過して光導管10の中空の内側に戻ってくる。このように曲面

を2回通過することの本当の効果は、あたかも光線が負レンズを通過したかのように光線を発散することである。プリズム16の大きさは曲率半径 R と比べて小さいから、近軸レンズの近似を適用することができる。また壁11は曲率半径に比べて薄いので、薄レンズ近似を適用することができる。

最大の発散（角度 G の変化）は次のようにして決めることができる。

$$G_2 - G_1 = y/F$$

ここで G_1 と G_2 とは対称軸（半径の二等分線）に関して夫々屈折の前後の投影光線角度 G である。

y は光線の高さ（光線の入射点と対称軸との距離）である。

F はレンズの焦点距離である。 $F = 2(n' - 1)/R$ であり、ここで R は曲率半径であり、 n' は上述した実効屈折率である。

したがって、角度変化 $(G_2 - G_1)$ は正の場合も負の場合もあり、 y/F の大きさを有する。 y と F に近似値をあてはめて、角度 T には適当な値（20度）を想定すると、 $(G_2 - G_1)$ の最大値は約1.3度になることがわかつている。結論を言うと、全内部反射（TIR）により反射した光線の角度 G は1.3度の範囲で増減しう。しかし平均的な光線の場合変化量ははるかに少ないであろう。この屈折率の変化の本当の効果は光線を次第に横の方向に広げることである。

円形光誘導管の場合には角度 G は光源により決まり固定されるので、 T の最大許容角度 T_{\max} も光源により決まる。光源の位置と T の最大許容角度 T_{\max} 間の関係は次式により決まる。第6図を参照して、 R_1 は光源15'と曲率半径 R_2 を有する光導管10の中心間の距離であり、 n は壁材料の屈折率であり、 n' は実効屈折率である。 R_1/R_2 （すなわち $\sin G$ ）の関係は第9図のグラフに示されている。ここで斜線領域は許容角度を表わしている。

$$G_{\max} = \sin^{-1} \left(\frac{R_1}{R_2} \right)$$

n' と G_{\max} から T_{\max} を求める。ここで

$$G_{\max} = \sin^{-1} \left\{ n' \sin \left[45^\circ - \sin^{-1} \left(\frac{1}{n'} \right) \right] \right\}$$

$$n' = n \left[\frac{1 - \frac{\cos^2(T_{\max})}{n^2}}{1 - \cos^2(T_{\max})} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$R_1 = R_2$ のとき（すなわち光線15'が光導管10の滑らかな面14にあるとき）、 G_{\max} は90度になり、 T_{\max} は矩形の光ガイド30を用いたときと同じになる（ $n = 1.493$ のとき27.3度）。しかし光源15'が光導管10の内側にあると

きの方がはるかに一般的であり、この場合には T の最大許容角度 T_{\max} は第9図のグラフに示すように明らかに増加する。第9図のグラフは R_1/R_2 （すなわち $\sin G$ ）と角度 T の最大許容値 T_{\max} との関係を示している。このこと

は光源から発した光はますます少ない損失で伝送されることを意味し、光導管の設計がより簡単かつより効率的に行なえることを意味する。

また第10図に示すように、少なくとも1個の開口部106を有する壁101にフィルムを丸めてまたは単一導管を成形して入れることにより光誘導管100をつくることもできる。光誘導管100の中へ入って反射面104で反射した光が再び光誘導管100の内部に戻るように、鏡のような反射面104を開口部106に付けてもよい。

応用と用途

本発明の光誘導管10の種々の応用と用途のうちからいくつかを紹介する。光誘導管10の最も有望かつ革命的な用途は全内部反射を保ちながら各種の断面形状に合わせて組入れることができるという点からくるものである。そのため光誘導管10に適切に導き入れられた光は光誘導管の長手方向に沿って進むことにより伝送かつまたは分配されるのである。本発明によれば、光導管10の構造面12は外側の凸面側に形成することが最も良い。場合によっては内側の凹面側に形成する可能性も考えられる。例えば最適の光伝送が要求されるときには、光誘導管10は円形の断面を有し、外側の凸側に光誘導管の軸に平行にプリズムを有し、滑らかな面14は光沢仕上げにしてもよい。また、第4図に示すように楕円形の断面を用いて同様にして作り、小さい光源を焦点 F_1 または F_2 のいずれか一方に置いてよい。更に、特殊な応用の場合には、光源から発する光が正確に向けられているとき、プリズム16の直線状アレイを光誘導管の軸に対して殆んど任意の角度に配置してもよい。更に特定の環境のとは、プリズムが内側の凹部側に配置されているときプリズムを直交配置してもよい。

光導管10を光の伝送と分配に使用するために、光誘導管の性能を操作してもよい。それには拡散性粒子または反射性粒子を加えたり、非光学的な滑らかなプリズム面や非光学的な角のついた角のような欠陥を混ぜたり、滑らかな面14を凹凸をつけたりすることを単独または組合せにより行えばよい。こうして第11図に示すように、光誘導管10を照明器具として、または照明器具40の中の照明または二次光源として使用することができる。第11図では操作された光導管10が内面42を有する容器41の中に納められている。容器41はアルミニウムのような適当な材料を成型、曲げまたは押出しによりつくられ、効率を高めるために内面42に鏡面被覆または拡散反射被覆を施してもよい。内面42に複数の反射性要素（図示せず）を含ませることにより、伝送または照明の目的のためにその要素に当たった光を所望の方向に向けるようにしてもよい。第12、13、14図に示すように、照明または二次光源として使用するために、光を照明器具に入射して容器の開口のような少なくとも1個の光学的窓44から光を出すようにしてもよい。また、第12図に示すように窓44の中に拡散器46を設けることにより、光を所望の形に再分

配すなわち散らすこともできる。また第13図に示すように窓44の中に文字記号など48を設けることにより、広告、表示、信号、警報の目的に供することもできる。

第14図に示すように救急車や障害物など用の警報灯として照明器具を使用するときには、気体中で電気放電することにより発光するストロボ灯のような短時間非常に明かるい光パイプを発する光源を光導管10の一端に設けるのが好ましい。白熱灯又は他の光源を使ってもよい。また、反射器70を他端に設けることにより、光を反射して光導管10内に戻して光学窓44を通って出ていく光の分布を平均化すべきである。更に、不透明な反射器72で光源側の光導管の一部をおおうことにより、特定の光源に近い部分の過熱を防ぐこともできる。

照明器具40の中での組立あるいは交換を容易にするために、光誘導管10は第12図に示すように薄い柔軟なフィルム49の端を重ね合わせた形にするか、あるいは第13図に示すように2枚のフィルム50、52を重ね合わせた形にしてもよい。この場合には、容器41とフィルムのカーブにより作用する力とが助け合つてフィルムを中空の管状光誘導管10の形に閉じ込めて、許容可能な角度のうちでも良い角度を保つことができる。こうすることにより、断面に比べて長い照明器具と光誘導管を使用することが可能になる。

好適な光源15として人工光源を含んでもよい。例えば米国特許、再発行28,100号、第3,417,288号、第3,369,149号、第3,312,853号、第3,263,126号、第3,127,113号、第1,837,091号、第247,229号を参照されたい。また太陽エネルギーを利用するものとしては例えば、米国特許、第4,389,085号、第4,297,000号、第3,511,559号、第2,022,144号、第729,660号を参照されたい。

相互結合を容易にするために、第15図に示すように光誘導管10の長手方向を望遠鏡のように入れこ式にする、すなわち直径の大きさを変えることにより、一方が他方に挿入されて、光システムの一部としてまた他の目的のために光の伝送、照明を行うようにしてもよい。また第16図に示すように、光誘導管10の切口を合わせて、そのうえに同じ材料のスリーブ60をかぶせてもよい。

以上当業者が本発明を実施することができるように、本発明の好ましい実施例といくつかの応用例を説明したが、これらは例示にすぎないのであつて、発明の範囲を限定するものではない。本発明の範囲は特許請求の範囲の欄に記載してある。

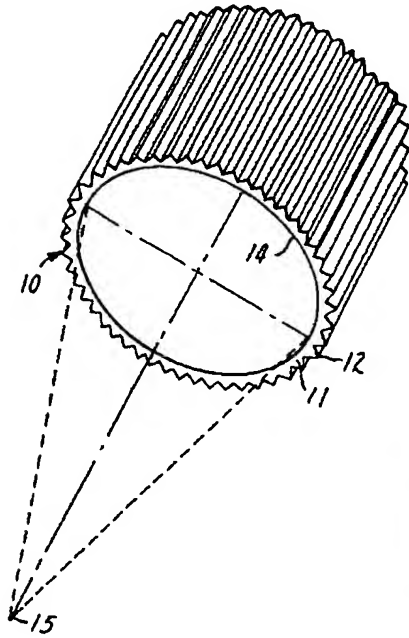
【図面の簡単な説明】

第1図は本発明の光誘導管の斜視図である。第2図は第1図の光誘導管の一部を端面から見た図である。第3図は第2図と同様に光誘導管の一部を端面から見た図であるが、平滑面が外側になっている光導管を示している。第4図は断面が楕円の光誘導管の斜視図である。第5図は従来技術の光ガイドを端面から見た図であつて、前方の面が光線を反射している様子を示している。第6図は

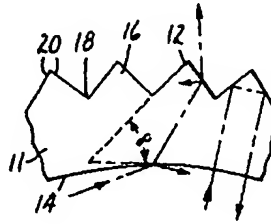
第1図の光誘導管を端面から見た図であつて、前方の面が光線を反射している様子を示している。第7図は光誘導管の斜視図であつて、光線幾何を表わしている。第8図は第7図の光誘導管の端面から見た図である。第9図は光線の角度間の数学的関係を示すグラフである。第10図は反射面を含む光誘導管を端面から見た図である。第11図は本発明の光誘導管を用いた照明器具の斜視図であ

る。第12図は照明器具の他の実施例の斜視図である。第13図は照明器具の更に他の実施例の斜視図である。第14図は照明器具の更に他の実施例の斜視図である。第15図は本発明の光誘導管2個を接続するのに望遠鏡のような入れこ式になっているものを示す斜視図である。第16図は本発明の光誘導管2個を接続するのにスリーブを用いるものを示す斜視図である。

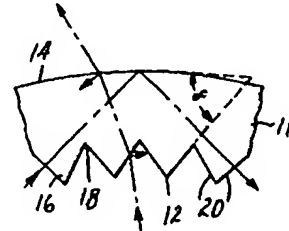
【第1図】



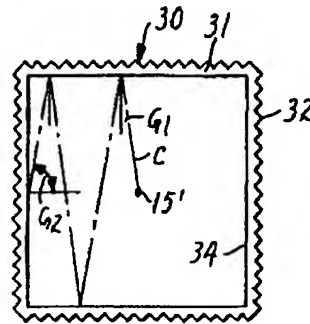
【第2図】



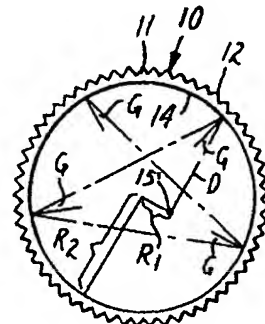
【第3図】



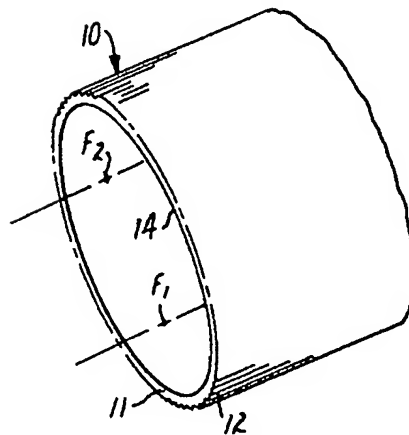
【第5図】



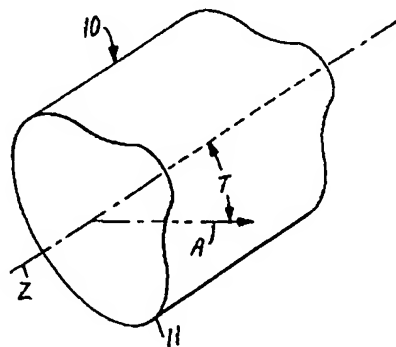
【第6図】



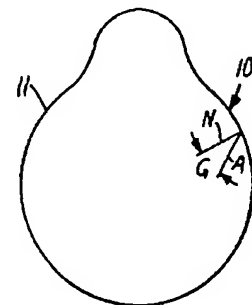
【第4図】



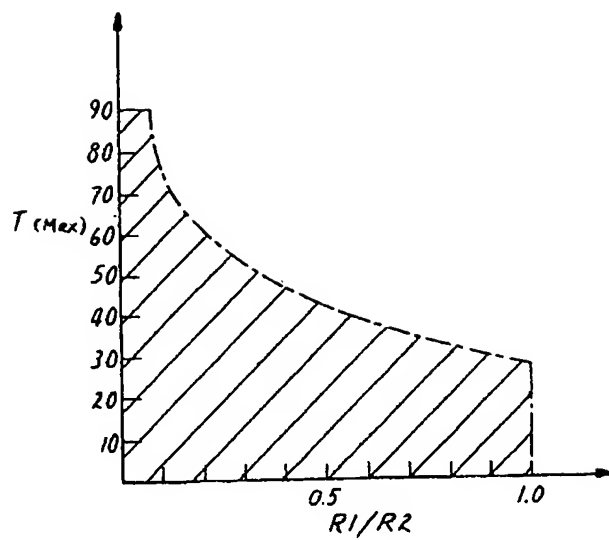
【第7図】



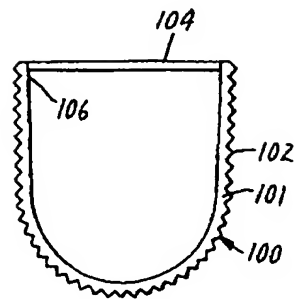
【第8図】



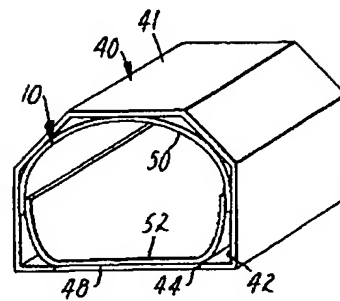
【第9図】



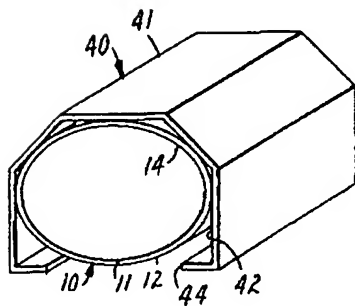
【第10図】



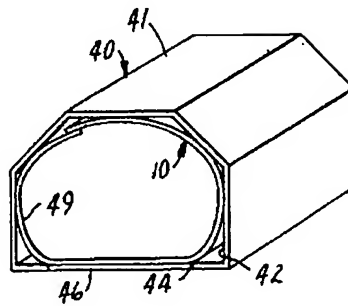
【第13図】



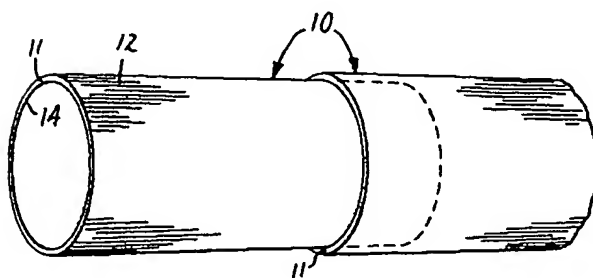
【第11図】



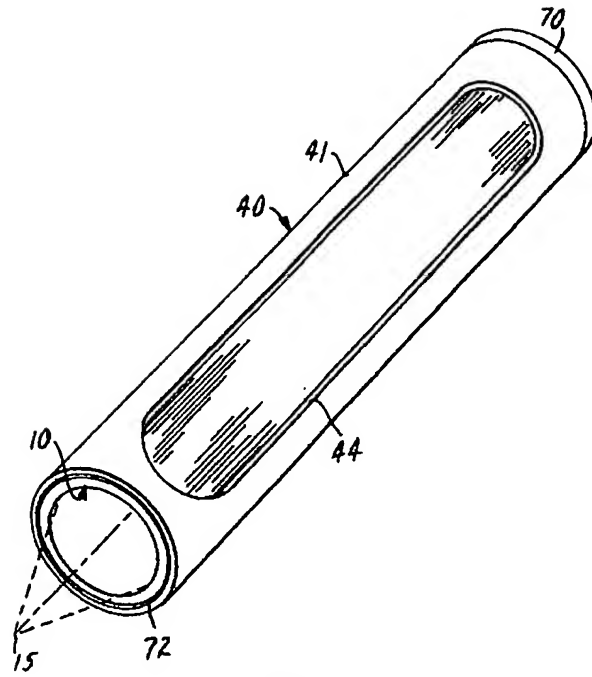
【第12図】



【第15図】



【第14図】



【第16図】

